

## **ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS EFECTOS DEL TIPO DE FORRAJE Y DE LA PROPORCIÓN FORRAJE – CONCENTRADO SOBRE LA FERMENTACIÓN RUMINAL EN CABRAS Y EN FERMENTADORES DE FLUJO SIMPLE CONTINUO.**

Cantalapiedra-Hijar, G., Yáñez-Ruiz, D.R. y Molina-Alcaide, E.  
Estación Experimental del Zaidín (Consejo Superior de Investigaciones Científicas),  
Profesor Albareda, 1. 18008 Granada, España.  
Correo electrónico: molina@eez.csic.es

### **INTRODUCCIÓN**

Los fermentadores de flujo continuo (FFC) permiten el estudio de la fermentación ruminal de forma más simple y menos costosa que los ensayos in vivo. Sin embargo, las comparaciones directas rumen – FFC son escasas y las existentes se han llevado a cabo con fermentadores de flujo doble continuo y ganado vacuno (Hannah et al., 1986; Mansfield et al., 1995; Muetzel et al., 2008). La información relativa a pequeños rumiantes es escasa (Carro et al., 2009; Molina et al., 2009) y los diferentes estudios han empleado ingestas variables entre 10,5 (Muetzel et al., 2008) y 90 (Slyter y Rumsey, 1991) g de materia seca (MS)/día/L de volumen efectivo del fermentador. Dado el efecto del pH sobre la fermentación ruminal (Calsamiglia et al., 2008) su estudio parece esencial en lo que a la simulación in vitro se refiere. El objetivo del presente trabajo es comparar los efectos del tipo de forraje (F) y de la relación forraje:concentrado (F:C) sobre la fermentación ruminal en el rumen de caprino y en fermentadores de flujo simple continuo (FFSC). Además, se analiza el efecto del pH utilizando suministrando a los FFSC 30 ó 45 g MS/día.

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

Cuatro cabras de raza granadina ( $46,3 \pm 2,96$  kg PV), canuladas en rumen y ocho FFSC (Miettinen y Setälä, 1989) reciben cuatro dietas constituidas por forraje (heno de gramíneas o de alfalfa) y concentrado en alta (70%) o baja (30%) proporción. Los animales reciben las dietas para cubrir un 120% de sus necesidades de mantenimiento (Prieto et al., 1990), y se adaptan a estas durante 10 días, tras los cuales se realiza un ensayo de digestibilidad en jaulas metabólicas de 7 días de duración y una recogida seriada, cada 2 h, del líquido ruminal en el intervalo 0-12 h en el día 18, para medir pH y concentración de N amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) y de ácidos grasos volátiles (AGV). Dos días más tarde se extrae de cada animal suficiente contenido ruminal para inocular dos fermentadores, que reciben 30 o 45 g MS de la misma dieta que consumía el animal donador. Tras 7 días de adaptación se recoge, durante 3 días, el efluente de cada fermentador para analizar su composición. En el cuarto día tras la adaptación se realiza el mismo muestreo seriado descrito para los animales. Durante todo el ensayo se registró el pH de los fermentadores dos veces al día y sólo se adicionó NaOH 5 N cuando su valor fue inferior a 5,6. Las diferencias entre medias se consideran significativas cuando  $P < 0,05$ .

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Estudios previos que comparan rumen y FFC (Hannah et al., 1986; Mansfield et al., 1995; Carro et al., 2009) han utilizado valores expresados como proporciones o concentraciones para obviar las diferencias existentes en la ingesta de MS en animales y fermentadores. Sin embargo, la cantidad de dieta administrada a los FFC y animales en relación al volumen del fermentador y del rumen, respectivamente puede afectar esos valores (Carro et al., 2009). Por ello, este trabajo pretende evaluar el grado en el que se simulan in vitro los efectos del tipo de forraje y de la relación F:C sobre la fermentación ruminal, y no comparar directamente los valores de dichos parámetros obtenidos en el rumen y en FFSC. Los efectos F y F:C sobre el pH y las concentraciones de  $\text{N-NH}_3$  y AGV (Tabla 1) eran similares en rumen y en los FFSC alimentados con 30 g MS, probablemente debido a que el pH alcanzado en estos fermentadores (6,22 – 6,53) es comparable al del rumen (6,21 – 6,43) y no así cuando los fermentadores se alimentaron con 45 g MS (5,70 – 6,08). Sin embargo,

estos últimos simularon adecuadamente el efecto F:C sobre el pH, y en ellos se observó una interacción F x F:C en la concentración de N-NH<sub>3</sub> al igual que ocurría en el rumen. La relación acético:propiónico (C2/C3) se simuló adecuadamente en cuanto al efecto F:C, pero el hecho de que in vitro existieran diferencias ( $P < 0.05$ ) entre las dos dietas con baja proporción de concentrado puede explicar la mala simulación del efecto F. Los FFSC alimentados con 30 g MS simulaban adecuadamente los efectos de F y F:C sobre la digestibilidad aparente de la materia orgánica. Por el contrario, sólo se simulaba correctamente el efecto F:C sobre la digestibilidad de la FND, debido a la incapacidad de reproducir las diferencias ( $P > 0.05$ ) encontradas in vivo entre las dos dietas con baja proporción de concentrado. Los efectos de F y F:C sobre la digestibilidad aparente de los carbohidratos no fibrosos fueron diferentes en animales y en FFSC, probablemente debido a que las diferencias ( $P < 0.05$ ) encontradas en los fermentadores entre dietas con baja proporción de concentrado no se observaron en rumen ( $P > 0.05$ ).

**Tabla 1.** Efectos del tipo de forraje (F) y de la relación forraje:concentrado (F:C) sobre el pH, concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y ácidos grasos volátiles (AGV), relación acético:propiónico (C2/C3), digestibilidad aparente de la materia orgánica (DaMO) y de los carbohidratos no fibrosos (DaCNF) y de la digestibilidad de la fibra neutro detergente (DFND) en rumen de caprino y en fermentadores de flujo simple continuo alimentados con las dietas experimentales.

Parametro <sup>2</sup>		Dietas <sup>1</sup>				EEM	Nivel significación (P =)		
		GF	AF	GC	AC		F	F:C	F × F:C
pH	Cabras	6,43	6,43	6,21	6,26	0,055	0,63	< 0,001	0,71
	FFSCB <sup>3</sup>	6,50 <sup>b</sup>	6,53 <sup>b</sup>	6,22 <sup>a</sup>	6,31 <sup>a</sup>	0,018	0,16	< 0,001	0,23
	FFSCA <sup>4</sup>	6,08 <sup>d</sup>	5,79 <sup>b</sup>	5,94 <sup>c</sup>	5,70 <sup>a</sup>	0,013	< 0,001	< 0,001	0,29
N-NH <sub>3</sub> , mg/dL	Cabras	12,9 <sup>a</sup>	22,9 <sup>b</sup>	30,1 <sup>b</sup>	31,0 <sup>b</sup>	1,9	< 0,001	< 0,001	0,002
	FFSCB	1,36 <sup>a</sup>	26,0 <sup>c</sup>	11,6 <sup>b</sup>	22,6 <sup>c</sup>	0,53	< 0,001	0,02	< 0,001
	FFSCA	1,94 <sup>a</sup>	26,2 <sup>d</sup>	7,10 <sup>b</sup>	22,4 <sup>c</sup>	0,27	< 0,001	0,17	< 0,001
AGV, mmol/L	Cabras	68,8 <sup>a</sup>	93,0 <sup>b</sup>	74,7 <sup>a</sup>	75,9 <sup>ab</sup>	4,2	< 0,001	0,12	0,002
	FFSCB	112 <sup>a</sup>	126 <sup>b</sup>	115 <sup>a</sup>	120 <sup>ab</sup>	1,3	< 0,001	0,66	0,11
	FFSCA	142 <sup>a</sup>	174 <sup>b</sup>	173 <sup>b</sup>	166 <sup>b</sup>	1,5	< 0,001	< 0,001	< 0,001
C2/C3	Cabras	4,45 <sup>b</sup>	3,95 <sup>ab</sup>	3,50 <sup>a</sup>	3,47 <sup>a</sup>	0,11	0,04	< 0,001	0,15
	FFSCB	3,06 <sup>a</sup>	3,94 <sup>b</sup>	2,85 <sup>a</sup>	3,06 <sup>a</sup>	0,038	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	FFSCA	2,57 <sup>b</sup>	2,92 <sup>c</sup>	1,80 <sup>a</sup>	1,77 <sup>a</sup>	0,020	< 0,001	< 0,001	< 0,001
DaMO, %	Cabras	67,7 <sup>a</sup>	68,9 <sup>a</sup>	80,5 <sup>b</sup>	77,4 <sup>b</sup>	0,53	0,09	< 0,001	0,07
	FFSCB	38,9 <sup>a</sup>	40,7 <sup>ab</sup>	44,1 <sup>b</sup>	44,0 <sup>b</sup>	0,58	0,48	0,003	0,46
	FFSCA	38,4	38,7	40,7	40,5	0,55	0,98	0,07	0,80
DaCNF %	Cabras	82,8 <sup>a</sup>	85,3 <sup>ab</sup>	93,0 <sup>b</sup>	89,8 <sup>ab</sup>	1,18	0,90	0,009	0,25
	FFSCB	38,1 <sup>a</sup>	53,7 <sup>b</sup>	48,0 <sup>ab</sup>	54,0 <sup>b</sup>	1,62	0,006	0,15	0,17
	FFSCA	41,5 <sup>a</sup>	55,1 <sup>b</sup>	49,7 <sup>ab</sup>	58,4 <sup>b</sup>	1,84	0,01	0,15	0,51
DFND, %	Cabras	63,6 <sup>b</sup>	55,4 <sup>a</sup>	71,8 <sup>c</sup>	67,2 <sup>b</sup>	0,39	< 0,001	< 0,001	0,07
	FFSCB	49,6 <sup>a</sup>	51,3 <sup>a</sup>	57,2 <sup>b</sup>	58,9 <sup>b</sup>	0,54	0,30	< 0,001	0,63
	FFSCA	44,3	40,2	45,8	42,1	0,85	0,11	0,12	0,83

<sup>1</sup> GF = 70% heno de gramíneas y 30% concentrado; AF = 70% heno de alfalfa y 30% concentrado; GC = 30% heno de gramíneas y 70% concentrado; AC = 30% heno de alfalfa y 70% concentrado, en base a materia seca

<sup>2</sup> Observaciones, n = 4; excepto parámetros de la fermentación ruminal, n = 28

<sup>3</sup> FFSC alimentados con 30 g MS; <sup>4</sup> FFSC alimentados con 45 g MS

Los resultados encontrados indican que los FFSC tienen mayor potencial de simulación de lo que ocurre en el rumen de caprino cuanto mayor es la calidad de las dietas ensayadas. Esta observación está en desacuerdo con los resultados encontrados por Mansfield et al. (1995), quienes apuntaron a una peor simulación con FFC alimentados con dietas ricas en

carbohidratos no fibrosos. Por el contrario, estudios previos de nuestro grupo (Moumen, 2003) ya apuntaban a una mejor simulación de la degradación de la MS en FFSC con dietas de calidad media (heno alfalfa mas concentrado) en comparación con dietas de peor calidad (hojas de olivo). Se observa una mejor reproducción de los efectos estudiados cuando el pH de los fermentadores es mas parecido al del rumen, de ahí la importancia del pH en la simulación ruminal (Wales et al., 2004; Calsamiglia et al., 2008).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calsamiglia, S., P. W. Cardozo, A. Ferret, y A. Bach. 2008. J. Anim. Sci. 86:702-711. • Carro, M. D., M. J. Ranilla, A. I. Martín-García, y E. Molina-Alcaide. 2009. Animal. DOI: 10.1017/S1751731108003844 • Hannah, S. M., M. D. Stern, y F. R. Ehle. 1986. Anim. Feed Sci. Technol. 16:51-62. • Mansfield, H. R., M. I. Erdres, y M. D. Stern. 1995. Anim. Feed Sci. Technol. 55:47-66. • Miettinen, H., y J. Setälä. 1989. J. Agric. Sci. Finland. 61:463-473 • Molina-Alcaide, E., M. R. Pascual, G. Cantalapiedra-Hijar, E. Y. Morales-García, y A. I. Martín-García. 2009. DOI:10.2527/jas.2008-1263. • Moumen, A. 2003. Tesis doctoral. Universidad de Granada. • Muetzel, S., Lawrence P., Hoffmann E.M., y K. Becker. 2008. Anim. Feed. Sci. Technol.doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.11.001. • Prieto, C., J. F. Aguilera, L. Lara, y J. Fonollá. 1990. Br. J. Nutr. 63:155-163 • Slyter y Rumsey. 1963. J. Anim. Sci. 69:3055-3066 • Wales, W. J., E. S. Kolver, P. L. Thorne, y A. R. Egan. 2004. J. Dairy Sci. 87:1864-1871.

## A COMPARATIVE STUDY OF THE EFFECTS OF FORAGE TYPE AND FORAGE TO CONCENTRATE RATIO ON RUMINAL FERMENTATION IN GOATS AND SINGLE-FLOW CONTINUOUS-CULTURE FERMENTERS.

**ABSTRACT:** Eight single-flow continuous-culture fermenters (FFSC) and four rumen cannulated Granadina goats ( $46.3 \pm 2.96$  kg BW) were fed 4 experimental diets to evaluate whether the effects of forage type and forage to concentrate ratio on ruminal fermentation were adequately simulated in vitro. Diets included a forage (grass or alfalfa hay) and low (30%) o high (70%) proportion of concentrate and were tested in vitro at two different inputs (30 or 45 g DM/d) to analyse wheter or not the simulation ability was pH dependent. The F:C effect was adequately reproduced in FFSC on most of the analysed parameters, whereas the F effect was simulated in some parameters but not in others, indicating a better simulation with FFSC as the quality of diet increased. On the other hand, the lower pH reached with fermenters fed 45 g DM (from 5.70 to 6.08) compared to that in fermenters fed 30 g DM (from 6.22 to 6.53), led to a worse simulation, underlying the importance of pH for in vitro rumen simulation.

**Keywords:** *rumen simulation, single-flow continuous-culture fermenters*